Opérateur CALC_THETA

1 But

Définir un champ thêta soit pour le calcul du taux de restitution d'énergie et des facteurs d'intensité de contraintes ; soit pour représenter le mouvement d'une frontière rectiligne dans les calculs 2D de sensibilité aux variations de domaine en thermique ou mécanique linéaires.

Dans le cadre de la mécanique de la rupture, cet opérateur permet de définir sur tous les nœuds du maillage :

- le module du champ thêta,
- en 2D la direction de propagation du fond de fissure (égale à celle du champ thêta) avec le mot clé DIRECTION,
- en 3D la direction du champ thêta calculée automatiquement à partir des directions de propagation des nœuds en fond de fissure. Ces directions sont récupérées par le concept de type fond_fiss (produit par l'opérateur DEFI_FOND_FISS), ou par les mots clés DIRE_THETA ou DIRECTION,
- les rayons Rinf et Rsup des couronnes entourant le fond de fissure et utilisés pour définir géométriquement le champ thêta.

En 2D le fond de fissure est réduit à un nœud et les couronnes sont circulaires. En 3D les rayons peuvent être variables avec l'abscisse curviligne du fond de fissure et Rinf, Rsup définissent alors deux cylindres déformés et variables entourant le fond de fissure.

Le champ thêta est utilisé dans la commande CALC_G [U4.82.03] pour le calcul des paramètres caractéristiques de la mécanique de la rupture. Le champ thêta peut d'ailleurs être directement défini dans cet opérateur.

Le concept produit est de type cham_no_sdaster.

2 Syntaxe

```
theta [cham_no_sdaster] = CALC_THETA

(  ◊  OPTION =  /  'COURONNE',                          [DEFAUT]
                /  'BANDE',
   ♦  MODELE = mo,                                      [modele]
   ♦  /  ♦  FOND_FISS = ff,                             [fond_fiss]
         ♦  THETA_3D  = _F ( ♦  /  TOUT     = 'OUI',
                                /  GROUP_NO = lgno  ,   [l_gr_noeud]
                                /  NOEUD    = lno   ,   [l_noeud])
                             ♦  /  ♦  MODULE    = ▪ ,   [R]
                                   ♦  R_INF     = r,    [R]
                                   ♦  R_SUP     = R,    [R]
                                /  ♦  MODULE_FO = ▪z,   [fonction]
                                   ♦  R_INF_FO  = rz,   [fonction]
                                   ♦  R_SUP_FO  = Rz,   [fonction]
                            ),
      /   ♦  THETA_2D  = _F( ♦  /  GROUP_NO = gno,      [l_gr_noeud]
                                /  NOEUD    = no,       [l_noeud])
                             ♦  MODULE = module,           [R]
                             ♦  R_INF  = rinf,          [R]
                             ♦  R_SUP  = rsup,          [R]
                            ),
      /   ♦  THETA_BANDE=_F( ♦  MODULE = module,           [R]
                             ♦  R_INF  = rinf,          [R]
                             ♦  R_SUP  = rsup,          [R]
                            ),
   ◊  /  DIRECTION =  (  d1 , d2 , d3),                [l_R]
      /  DIRE_THETA   =  chamno ,                      [cham_no_sdaster]
   ◊  GRAD_NOEU_THETA  =  /  'NON',                    [DEFAUT]
                          /  'OUI',
   ◊  IMPRESSION=_F (  ◊  FORMAT =  /  'EXCEL',        [DEFAUT]
                                    /  'AGRAF',
                       ◊  UNITE  =  /  8,              [DEFAUT]
                                    /  unit,           [I]
                    )
)
```

3 Opérandes

3.1 Opérande `OPTION`

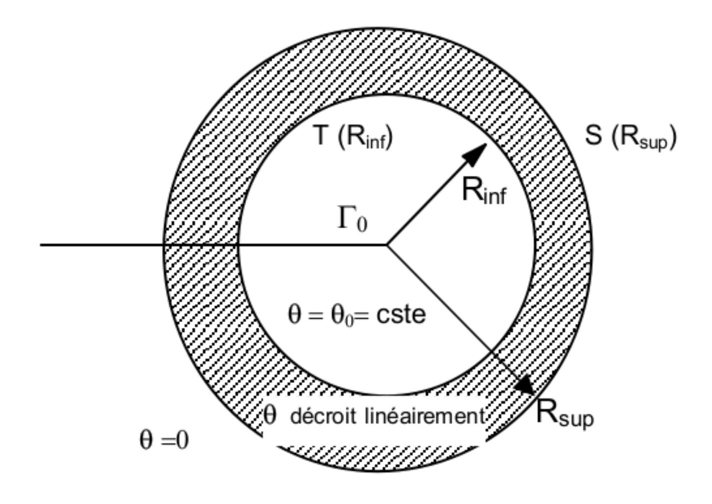
```
◊   OPTION = /   'COURONNE',                              [DEFAUT]
             /   'BANDE',
```

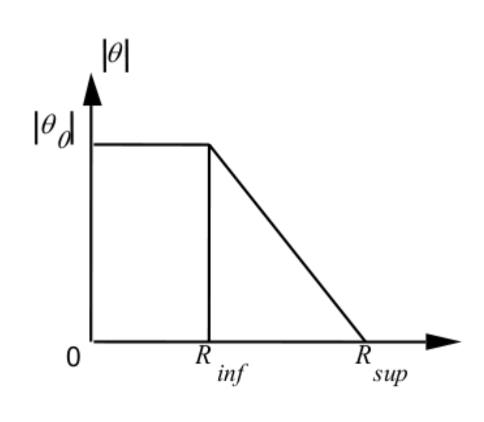
3.1.1 `OPTION = 'COURONNE'`

Cette manière d'introduire le champ θ est géométrique [R7.02.01]. Elle revient à se donner deux rayons R_{inf}, R_{sup}, et $|\theta|$ en chaque nœud du fond de fissure par le mot clé facteur `THETA_3D` ou `THETA_2D`. On effectue des calculs de distance d'un nœud courant au fond de fissure pour déterminer la valeur de θ en ce nœud.

Plus précisément, en tout nœud du fond de fissure Γ_0, repéré par son abscisse curviligne *s* , on peut définir un plan normal P dans lequel le champ θ est introduit de telle façon qu'après s'être donné 2 volumes *T* et *S* (cylindres déformés) entourant le fond de fissure, on a :

- $|\theta|=\theta_0=cste$ dans $T(R_{inf})$
- $|\theta|$ varie linéairement par rapport au rayon dans la couronne $S(R_{sup})/T(R_{inf})$
- $|\theta|=0$ à l'extérieur de $S(R_{sup})$





3.1.2 `OPTION = 'BANDE'`

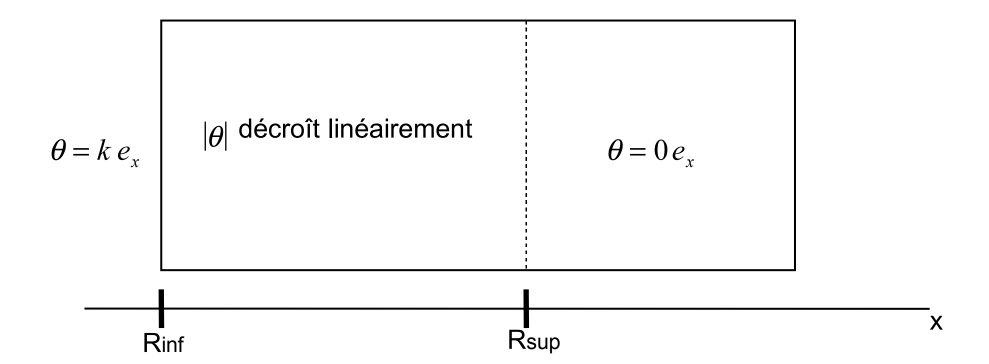
Cette manière d'introduire le champ θ est utilisée pour simuler le mouvement d'une frontière dans les calculs de sensibilité aux variations de domaine en thermique linéaire [U4.54.01] ou en mécanique linéaire [U4.51.01]. Cela est possible pour les configurations suivantes :

- calculs en 2D ou 2D axisymétrique,
- frontière rectiligne, parallèle à l'axe Oy,
- domaine de calcul à droite de la frontière.

On vise à obtenir un champ θ valant $k\vec{e}_x$ sur la frontière et s'annulant à une certaine distance à l'intérieur ; le module k est donné dans le mot clé `THETA_BANDE`. Entre ces deux situations, la norme du champ décroît linéairement avec l'abscisse.

On doit donc donner successivement :

- le module du champ sur la frontière : k ,
- l'abscisse R_{inf} correspondant à la droite frontière,
- l'abscisse R_{sup} correspondant à la droite où le champ s'annule. On a $R_{sup} > R_{inf}$.



3.2 Opérande MODELE

♦ `MODELE = mo,`

Nom du concept `modele` qui définit les éléments sur lesquels est calculé le champ θ .

3.3 Mécanique de la rupture - problème 3D

3.3.1 Opérande FOND_FISS

/ ♦ `FOND_FISS = ff,`

Nom du concept `ff` de type `fond_fiss`, produit par la commande `DEFI_FOND_FISS`, contenant :

- la liste ordonnée des nœuds décrivant le fond de fissure,
- la liste des mailles décrivant la lèvre supérieure de la fissure,
- la liste des mailles de la lèvre inférieure de la fissure si celle-ci existe (cas d'un problème non symétrique).

3.3.2 Opérande THETA_3D

/ ♦ `THETA_3D =`

Définit les nœuds ou les groupes de nœuds décrivant entièrement le fond de fissure où on affecte les rayons de la couronne et le module de θ .

L'ensemble des nœuds du fond de fissure est précisé par les opérandes :

/	`TOUT =`	prise en compte de la totalité des nœuds du fond de fissure.
/	`GROUP_NO =`	prise en compte d'une sous-partie du fond de fissure constituée de la liste de groupes de nœuds spécifiée.
/	`NOEUD =`	prise en compte d'une sous-partie du fond de fissure constituée de la liste des nœuds spécifiée.

Les deux rayons définissant la couronne et le module de θ peuvent être introduits soit par des valeurs réelles constantes qui sont arguments des mots clés simples `R_INF`, `R_SUP` et `MODULE` ; soit par des fonctions de l'abscisse curviligne sur le fond de fissure orienté, qui sont arguments des mots clés simples `R_INF_FO`, `R_SUP_FO` et `MODULE_FO`.

3.3.3 Opérandes DIRE_THETA et DIRECTION

```
/   DIRECTION =   (   d1  , d2  , d3),
```

Liste des valeurs des trois composantes de la direction du champ θ sur le fond de fissure lorsque celle-ci n'est pas calculée.

```
/   DIRE_THETA    =   chamno ,
```

Permet d'introduire en 3D la direction du champ θ sur tous les nœuds du fond de fissure par le biais d'un `AFFE_CHAM_NO` préalable [U4.44.11].

Ces options sont facultatives : par défaut ces directions sont calculées automatiquement à partir du concept `ff` issu de la commande `DEFI_FOND_FISS` [U4.82.01] (normale au fond de fissure dans le plan des lèvres). Si la direction est donnée, elle doit être orthogonale à la normale aux lèvres de la fissure, qui est définie dans l'opérateur `DEFI_FOND_FISS` (mot clé `NORMALE`).

3.4 Mécanique de la rupture - problème 2D

3.4.1 Opérande THETA_2D

```
/   ♦    THETA_3D =
```

Mot clé facteur définissant le nœud du fond de fissure :

```
/   GROUP_NO =    gno
```
(groupe de nœuds limité à un nœud)

```
/   NOEUD     =   no
```

Le module de θ et les deux rayons sont arguments des mots clés simples `MODULE`, `R_INF`, `R_SUP`.

3.4.2 Opérande DIRECTION

```
/   DIRECTION =   (   d1  , d2  , d3),
```

Liste des valeurs des trois composantes de la direction du champ θ sur le fond de fissure lorsque celle-ci n'est pas calculée. En 2D ce mot clé est obligatoire : il faut fournir un vecteur de la forme `(d1, d2, 0)`.

La direction doit être orthogonale à la normale aux lèvres de la fissure, qui peut être définie dans l'opérateur `DEFI_FOND_FISS` (mot clé `NORMALE`).

3.5 Sensibilité aux variations de domaine - problème 2D

3.5.1 Opérande THETA_BANDE

```
/   ♦   THETA_BANDE=_F(
```

Mot clé facteur définissant le champ θ si l'option `BANDE` a été retenue. On trouve alors les 3 mots clés simples suivants :

```
♦  MODULE    =  module
```

C'est la valeur du module du champ theta sur la droite frontière.

```
♦  R_INF     =  rinf
```

Abscisse de la droite frontière. Attention, il n'y a aucune vérification de la cohérence de cette valeur `rinf` avec le maillage utilisé.

```
♦  R_SUP     =  rsup
```

Abscisse de la droite où le champ θ s'annule. Cette valeur doit être strictement supérieure à `rinf`. Elle doit être inférieure à l'abscisse maximale du domaine de calcul. Autrement dit, la zone comprise entre `rinf` et `rsup` doit être intégralement incluse dans le domaine de calcul. Cela n'est pas contrôlé par l'opérateur.

3.6 Opérande GRAD_NOEU_THETA

```
•  GRAD_NOEU_THETA  =   / 'OUI',
                        / 'NON',
```

Si le choix est '`NON`', rien ne se passe.
Si le choix est '`OUI`', le gradient du champ θ est calculé sur tous les nœuds du domaine. Le calcul est obligatoire si les options de sensibilité ont été activées dans la résolution thermique ou mécanique.

3.7 Opérande IMPRESSION

```
◊   FORMAT=  /  'EXCEL'   ,          [DEFAUT]
             /  'AGRAF'   ,
◊   UNITE =  /  8     ,              [DEFAUT]
             /  unit ,
```

Mot clé facteur permettant d'imprimer sur le fichier d'unité logique unit (para défaut 8) pour chaque nœud du fond de fissure `rinf`, `rsup`, le module et la direction du champ theta. Le format 'AGRAF' permet de post-traiter l'impression par Agraf.

4 Exemples

4.1 Affectation d'un champ θ en 2D par valeurs réelles

On affecte sur le nœud du fond de fissure $|\theta|=1$ R_INF = 1 et R_SUP = 2

```
THET2 = CALC_THETA (  MODELE      = mo,
                      THETA_2D =_F(NOEUD  =('NO29'),
                                  MODULE = 1., R_INF = 1.,R_SUP = 2.),
                      DIRECTION  =(1.,1.,0.),
                    )
```

avec mo le concept modele produit par la commande AFFE_MODELE.

4.2 Affectation d'un champ θ en 3D par valeurs réelles

Sur le fond de fissure on affecte sur tous les nœuds $|\theta|=1$, R_INF = 2. et R_SUP = 5. par valeurs réelles constantes.

La direction du champ θ est donnée sur chacun de ces nœuds, elle vaut (1. 0. 0.).

```
THET3 = CALC_THETA (  OPTION      ='COURONNE',MODELE =mo,
                      FOND_FISS =ff1,
                      THETA_3D   =_F(TOUT = 'OUI',
                                  MODULE = 1.,R_INF = 2.,R_SUP = 5.),
                      DIRECTION  =(1.,0.,0.),
                    )
```

avec mo le concept modele produit par la commande AFFE_MODELE.
ff1 le concept de type fond_fiss produit par la commande DEFI_FOND_FISS.

4.3 Affectation d'un champ θ en 3D par valeurs réelles et par fonction avec règle de surcharge

•Sur le fond de fissure on affecte sur le groupe de nœuds GRN1, $|\theta|=1$. Rinf = 2. et Rsup = 5. par valeurs réelles constantes, et sur le groupe de nœuds GRN2, $|\theta|$, Rinf et Rsup par fonctions.

La direction du champ θ est calculée automatiquement aux nœuds du fond de fissure.

```
THETA1 = CALC_THETA ( OPTION    = 'COURONNE',MODELE = mo,
                      FOND_FISS =ff1,
                      THETA_3D = (_F(GROUP_NO = 'GRN1',
                                  MODULE = 1.,
                                  R_INF = 2.,R_SUP = 5.),
                                 _F(GROUP_NO = 'GRN2',
                                  MODULE_FO=fo,
                                  R_INF_FO=f1,R_SUP_FO=f2),
                     )
```

avec :

mo le concept modele produit par la commande AFFE_MODELE.
ff1 le concept de type fond_fiss produit par la commande DEFI_FOND_FISS.

GRN1 ={NO3 NO7 NO10} , GRN2 = {NO13 NO15}

Le fond de fissure est constitué des nœuds : NO3, NO7, NO10, NO13, NO15 de façon ordonnée.

f0, f1, f2 sont respectivement les fonctions définissant $|\theta|$ et les deux rayons des couronnes pour GRN2 produits par la commande DEFI_FONCTION.

Remarque :

GRN1 et GRN2 doivent décrire complétement le fond de fissure représenté dans le concept ff1 .

•Sur le fond de fissure on affecte $|\theta|$, Rinf et Rsup par fonction sauf aux nœuds NO29 et NO15 où l'on affecte $|\theta|$ = 1. R_INF = 2. R_SUP = 3. par valeurs réelles constantes.

La direction du champ θ est calculée aux nœuds du fond de fissure.

```
THETA2 = CALC_THETA (  OPTION    ='COURONNE',MODELE = mo,FOND_FISS =ff3,
                       THETA_3D =_F(TOUT ='OUI'
                                     MODULE_FO=fa,
                                     R_INF_FO=fb,R_SUP_FO=fc),
                                  _F(NOEUD =( 'NO29', 'NO15'),
                                     MODULE = 1.,
                                     R_INF = 2.,R_SUP = 3.  ),),
                     )
```

avec :

`mo` le concept `modele` produit par la commande `AFFE_MODELE`.

`ff3` le concept de type `fond_fiss` produit par la commande `DEFI_FOND_FISS`.

`fa, fb, fc` sont respectivement les fonctions définissant $|\theta|$ et les deux rayons des couronnes pour tout le fond de fissure, produits par la commande `DEFI_FONCTION`.

Remarque :

La règle de surcharge s'applique ici pour les nœuds du fond de fissure NO29 et NO15 .